

مدل دسترسی حمل و نقل به مراکز درمانی بر اساس سناریوی زلزله گسل ری

(مطالعه موردی: محدوده طرح ترافیک شهر تهران)

مقصود پوریاری^{*}، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران
نعمت حسنی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران
احمدرضا محبوبی اردکانی، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران
^{*} پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mpooryari@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵ - پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۰

صفحه ۲۹-۴۳

چکیده

در این مقاله با مشخصات یک زلزله احتمالی، رابطه ای جهت سنجش سطح دسترسی حمل و نقل محله های شهر تهران ارائه گردیده است. پس از جمع آوری اطلاعات مرتبط با شبکه معابر، جمعیت، ساختمان، خطر لرزه ای، مراکز درمانی، شبکه مناسب برای تحلیل در محیط نرم افزار GIS فراهم گردید. پس از تعیین مرکز هندسی محله ها (جمعا ۳۲ محله) به عنوان نقطه مبدا تعیین گردید و با تعیین مراکز درمانی محدوده مطالعه (جمعا ۴۵ نقطه) به عنوان نقطه مقصد تعیین گردید. میزان سرعت سفر در محدوده ۵ کیلومتر بر ساعت تا ۲۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شد. انسداد معابر در اثر فروریزش ساختمان نیز با تعیین موانعی (نقطه ای، خطی و پلی گون) شبیه سازی گردید. با توجه به نتایج تحلیل شبکه که در چهار بازه زمانی ۱۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه صورت گرفت، مشخص شد در بازه زمانی مزبور هر محله چند فرصت دسترسی دارد و تغییرات فرصت دسترسی با توجه به افزایش زمان آستانه به چه میزان است. این تحلیل با در نظر گرفتن موانع در همان بازه های زمانی انجام شد. نتایج نشان داد، افت سطح دسترسی محسوس است لیکن الگوی فرار و فرود شاخص در اغلب موارد از وضعیت بدون مانع پیروی می کند. همچنین نتایج بررسی شاخص در کل محدوده که از جمع این شاخص برای ۳۲ محله بدست آمده نشان داد با گذشت زمان مقدار شاخص با شدت بیشتری افزایش یافته لیکن این شدت در شرایط بدون مانع نسبت به شرایط با مانع از رشد بیشتری برخوردار است.

واژه های کلیدی: زلزله، دسترسی، مرکز درمانی، حمل و نقل، هزینه سفر

۱-مقدمه

براساس آمار موجود طی سالهای ۱۹۰۰ الی ۲۰۱۴ میلادی، ایران رخ داده است که وضعیت ۵ زلزله مهم ایران در جدول ۱ نشان داده شده است [EM-DAT,2016].
۱۳۰۳ بحران زلزله در دنیا رخ داده و بالغ بر ۸۰۰ میلیارد دلار خسارت در پی داشته است. همچنین ۱۰۶ زلزله در

جدول ۱. آمار صدمات و خسارات ناشی از ۵ زلزله مهم طی سالهای ۱۹۰۰-۲۰۱۴ میلادی در ایران [EM-DAT, 2016]

سال	کشته	تعداد افراد متاثر	خسارات (میلیون دلار)
۱۹۶۲	۱۲۰۰۰	۱۰۳۰۰۰	۳۰۰
۱۹۶۸	۱۰۰۰۰	۸۴۰۰۰	۳۶۰
۱۹۷۸	۲۵۰۰۰	۴۰۰۰۰	۵۰۰
۱۹۹۰	۴۰۰۰۰	۷۳۲۰۰۰	۸۲۳۲
۲۰۰۳	۲۶۸۰۰	۳۰۰۰۰۰	۵۲۱

احتمال وقوع زلزله ای ویرانگر در شهر تهران زیاد است. با توجه به موقعیت اجتماعی، سیاسی و اقتصادی این کلان شهر و پایتخت کشور، ضرورت عملکرد مناسب شبکه حمل و نقل در ساماندهی مجروحین و مصدومین ناشی از حادثه زلزله بسیار حائز اهمیت است. بعد از وقوع زلزله، یکی از مهمترین اقدامات، تخلیه مجروحین و کشته شدگان است. در این راستا دسترسی به سیستم حمل و نقل مناسب بسیار مهم است. تجربه نشان داده است بیشتر مردم در اثر خود زلزله کشته یا مجروح نمی شوند، بلکه قربانی زیر ساختهای فروریخته نظیر ساختمانها، لغزش زمین، آتش سوزی بعد از زلزله هستند. همچنین اگر برنامه تخلیه به درستی سازماندهی نشود، تعداد کشته شدگان افزایش خواهد یافت. از آنجائیکه شبکه راه نقش مهمی در برنامه ریزی تخلیه دارد، ارزیابی عملکرد شبکه راه در بحران پس از زلزله حیاتی است. در محدوده شهر، عامل مهم تعیین کننده خسارت جانی، تراکم ساخت و ساز و جمعیت است. بررسی این موضوع در بافت مرکزی شهر تهران، با توجه به مشکلات تردد در وضع موجود که منجر به ایجاد محدوده طرح ترافیک شده، ضرورت دارد. بر اساس نتایج مطالعات جامع ترافیک به طور متوسط روزانه ۳۶۵۰۰۰ تردد در بازه زمانی ۶:۳۰ الی ۱۷ در این محدوده تردد می کنند [مطالعات جامع حمل و نقل تهران، ۱۳۹۳].

خوشبختانه تهران طی بیش از ۱۵۰ سال، خسارات شدیدی را از زلزله متحمل نشده است. از میان گسل‌های فعال در منطقه، محتمل‌ترین گسل‌های خطرناک عبارتند از: گسل مشا (طول: حدود ۲۰۰ کیلومتر)، گسل شمال تهران (طول: حدود ۹۰ کیلومتر) و گسل جنوب ری (طول: حدود ۲۰ کیلومتر). گسل جنوب ری در جنوب شهر تهران واقع و در راستای

ضلع جنوبی فرونشست ری امتداد می‌یابد و تقریباً به موازات آن، گسل موسوم به شمال ری، در راستای ضلع شمالی فرونشست امتداد دارد. فاصله بین این دو گسل تنها ۳ تا ۵ کیلومتر است. به نظر می‌رسد که منشاء هر دو گسل یکی باشد و هر دو آنها شاخه‌هایی از یک گسل باشند. بیان قطعی این نکته دشوار است زیرا اطلاعات کافی در مورد آنها در دسترس نمی‌باشد [JICA, 2000]. بنابراین، نام "مدل گسل جنوب ری" در این مطالعه به عنوان سناریوی خطر به کار برده شده است. در اغلب زلزله‌ها مردم زلزله زده ناچارند حجم زیادی از جابجایی را انجام دهند. حجم قابل توجه سفر به دلیل شکل‌گیری انواع سفر با هدف امداد و نجات، سفر انتظامی، سفر به منظور کسب اطلاع از نزدیکان و غیره است. یکی از مهمترین اهداف مدیریت بحران حداقل نمودن اثرات زلزله است. در این ارتباط مدل دسترسی مبتنی بر GIS^۱ راهنمای مناسبی برای مدیران بحران جهت کاهش اثرات زلزله و جمعیت قبل بعد و در خلال بحران است. از آنجا که حجم و مقدار منابع در دسترس محدود بوده و مدیران بحران می بایست مکانهای مناسب و بهینه را جهت ذخیره سازی با ظرفیت مناسب در اختیار داشته باشد، در این راستا مدل‌سازی دسترسی مبتنی بر GIS مستقیماً کارکرد حیاتی در دسترسی به مکان و اختصاص خدمات مرتبط را دارد. به عنوان مثال این مدلها در تعیین بیمارستان سیار برای عملیات تریاژ و ظرفیت هریک، استقرار تیم امداد و نجات، دسترسی به مراکز دپوی ذخیره سازی تجهیزات و امکانات و ظرفیت هریک بکار می روند. همچنین از این مدلها برای مکان یابی و مسیریابی حمل مجروحین و مناسبترین مسیر با توجه با کوتاه ترین زمان سفر استفاده می‌گردد. در دهه اخیر افراد زیادی با صدمات جانی و لطمه ها اقتصادی و اجتماعی

ناشی از زلزله مواجه شدند. در شهرها علی الخصوص کلان شهر تهران مهاجرت بی رویه و افزایش جمعیت شهری از یک طرف و ساخت و ساز غیر اصولی و وجود بافت قدیمی و فرسوده از طرف دیگر آسیب پذیری برابر وقوع یک زلزله شدید، بسیار زیاد است. آسیب پذیری و خطرپذیری ناشی از زلزله در کلان شهر تهران، توجه به زیرساخت، امکانات و توانمندیها هر محله شهری را نمایان می سازد. این موضوع موجب افزایش کارایی عملیات امداد و نجات و دسترسی مجروحین و آسیب دیدگان زلزله به مراکز درمانی است. کاهش تلفات در اثر وقوع زلزله و حداقل نمودن تلفات پس از زلزله با عملیات سریع امداد و نجات یکی از اهداف برنامه ریزان و تصمیم گیران مدیران بحران محلی و ملی است. در این مقاله در اثر وقوع زلزله احتمالی (سناریو گسل ری با بزرگای گشتاوری برابر ۶/۷) میزان افراد صدمه دیده و بیمارستانهایی که امکان سرویس دهی به مجروحین را در محدوده مناطق آسیب دیده فراهم می آورند، مشخص گردیده و با رویکردی جدید با استفاده از ابزارهای با قابلیت های تصمیم سازی در محیط GIS، با تعیین مرکز محله به عنوان محل امداد پذیر و بیمارستانها به عنوان مراکز امدادگر، میزان تاخیر در لینک و گره های شبکه حمل و نقل محاسبه و میزان دسترسی با رابطه مورد نظر ارائه گردیده است.

۲- پیشینه تحقیق

لیتمن دوازده عامل موثر بر دسترسی دسته بندی کرد که به مواردی نظیر تقاضای حمل و نقل، جابجایی، یکپارچگی، اتصال شبکه حمل و نقل و غیره می توان اشاره کرد [Litman, 2011]. پینتو و همکاران بر اساس توابع شکنندگی سیستم حمل و نقل، مدل های دسترسی را بنا نهاد. در این راستا توزیع مکانی زیر ساخت ها، انواع آن، آسیب پذیری هریک با توجه به پهنه خطر لرزه ای نقش تعیین کننده دارد. سپس بر اساس وضعیت خرابی مبتنی بر سناریو زلزله، میزان تراکم معابر فرعی با توجه به آسیب پذیری و امکان مسدودی نسبت به تراکم معابر اصلی به عنوان یک شاخص دسترسی در نظر گرفته شده است [Pinto et al, 2012]

رشید و همکاران یک مدل بهینه سازی سه هدفه برای اقدام حمل و نقل اضطراری برای مکان یابی جهت نیل به تعداد، موقعیت و خدمات رسانی مراکز دخیل کمک رسانی به نواحی بحرانی ارائه نمودند. این اهداف عبارت است از: حداقل نمودن زمان حمل و نقل مراکز کمک رسانی به مراکز تقاضا، حداقل نمودن امدادگران و عوامل مرتبط جهت بازگشایی و انجام عملیات در منطقه مورد نظر، حداقل نمودن نقاط پوشش نیافته در منطقه آسیب دیده [Rachida, et al, 2013]. مسعودی و همکاران با استفاده از روش سطح پوشش متحرک^۳ حداقل فاصله و زمان واکنش دسترسی به مراکز درمانی شهر بندرعباس را ارزیابی نمودند. [Masoodi, Rahimzadeh, 2014]. در مطالعات لیو و همکاران تحلیل دسترسی عمومی در یک فرآیند چهار مرحله ای شامل: فرمول بندی مفهومی، روش انتخاب و مشخصات اندازه گیری دسترسی، تقسیم و ارزیابی آن قلمداد شده است. این محققین از ابزار تحلیل شبکه در نرم افزار GIS برای تحلیل دسترسی استفاده نموده اند. در این ابزار، زمان، مسافت و هزینه سفر بین مبدا و مقصد یا نقاط سرویس ده و سرویس پذیر مد نظر قرار گرفت [Liu & Zhu, 2004]. دیگر رویکرد های مختلف جهت اندازه گیری دسترسی از سوی محققین، عبارت است از: اندازه گیری دسترسی مبتنی بر زیر ساخت ها، مبتنی بر مکان یابی، مبتنی بر فرد، مبتنی بر تاسیسات زیر بنایی. مورد مبتنی بر مکان یابی یکی از روش های رایج بوده که درجه دسترسی به فعالیت های با توزیع فضایی مشخص می گردد. در این راستا چندین روش اندازه گیری بسط داده شده است. این روش ها پارامترهایی نظیر اندازه گیری فاصله، اندازه گیری فرصت ها و اندازه گیری تعادل را در بر می گیرد. اندازه گیری فرصت ها یا اندازه گیری مبتنی بر جاذبه یکی از روش های اندازه گیری دسترسی بوده که شکل تابع آن به صورت رابطه ذیل می باشد.

$$A_i = \sum M_j . f(c_{ij}) \quad (1)$$

در این رابطه A_i میزان دسترسی به موقعیت i بوده و M_j میزان جاذبه موقعیت j بوده و $f(c_{ij})$ تابع مقاومت نام دارد. c_{ij} هزینه سفر (زمان و یا مسافت) است. این شکل تابع به صورت توابع توانی، گوسی و لجیت قابل استفاده است. مزیت این روش محاسبه آسان با توجه به وضع موجود کاربری زمین و اطلاعات حمل و نقل است. به علاوه این روش در خصوص دسترسی به فرصت های اجتماعی و

اقتصادی از سوی گروه های مختلف اقتصادی، اجتماعی مناسب تشخیص داده شد. [Geurs&Van Wee,2004].
چنگ و همکاران رابطه ذیل را برای دسترسی هر ناحیه به مراکز بیمارستانی برای شهر شنز چین ارائه نمود:

$$A_i = \sum_j \frac{S_j \cdot f(d_{ij})}{\sum_k P_k \cdot f(d_{kj})} \quad (2)$$

در این رابطه A_i شاخص دسترسی هر ناحیه i و S_j ظرفیت بیمارستان j میزان تقاضای مجروحین بیمارستان تعداد k ناحیه که تا زمان آستانه سفر معین شده به بیمارستان دسترسی دارند، $f(d)$ تابع مقاومت بوده که وفق رابطه ۳ بیان شده است.

$$f = \begin{cases} e^{-\alpha d/k} & , d \leq d_0 \\ 0 & , d > d_0 \end{cases} \quad (3)$$

در این رابطه d_0 آستانه زمان سفر است [Cheng, et al,2016]

۳- روش شناسی

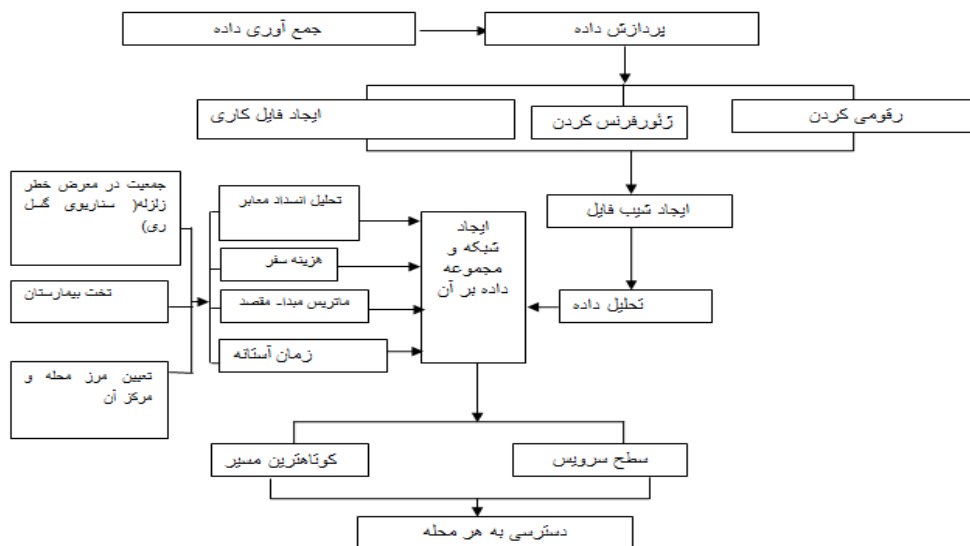
روش انجام پذیرفته در تحقیق حاضر وفق نمودار ۱ ارائه شده است. در گام اول اطلاعات در بستر نرم افزار GIS شامل اطلاعات شبکه معابر، جمعیت، ساختمان، خطر لرزه ای، مراکز درمانی جمع آوری گردید [مرکز آمار ایران، ۱۳۷۵-۱۳۹۰] و سپس این اطلاعات در محدوده مورد مطالعه مربوط به منطقه طرح ترافیک تهران پردازش گردید. همچنین با توجه به قائم بودن مدیریت بحران لرزه ای بر

محله محور بودن و اینکه بحث آموزش خود امدادی از اصول بنیادین بوده که در مقیاس محله بیشتر قابل پیاده سازی است، تعداد ۳۲ محله واقع در این محدوده شناسایی و محدوده هندسی آن مشخص گردید.

با روش دسترسی مبتنی بر مرکز محله، برای هر یک از محلات، مرکز هندسی تعیین گردید. در گام دوم فراهم نمودن شبکه مناسب برای استفاده از اکستنشن تحلیل شبکه بود. به دلیل عدم اتصال شبکه و معابر فرعی و اصلی در غالب پایگاههای داده موجود، اصلاح و بازیابی شبکه انجام پذیرفت. گام مهم بعدی تعیین آسیب پذیری ساختمانهای مجاور معابر بود که منجر به مسدودی بخش و یا کل راه شده و بر عملکرد شبکه تاثیر زیادی داشت.

در این راستا از نتایج آخرین دستاوردهای محققین برای تعیین توابع خرابی ساختمانهای شهر تهران استفاده گردید و با یک متدولوژی مناسب معابر در معرض فروریزش و انسداد که تابعی از خطر زلزله، ارتفاع ساختمان، جنس ساختمان، کیفیت ساختمان بود، شناسایی شد و به کمک تعبیه موانعی افزایش هزینه سفر شبیه سازی گردید.

در این ارتباط سه نوع مانع (نقطه ای، خطی و پلی گون) با مقیاسهای مختلف هر یک ۱۰ مورد در این محدوده جانمایی شد. در نهایت براساس متدولوژی پیشنهادی در ادامه تحلیل لازم انجام پذیرفت.

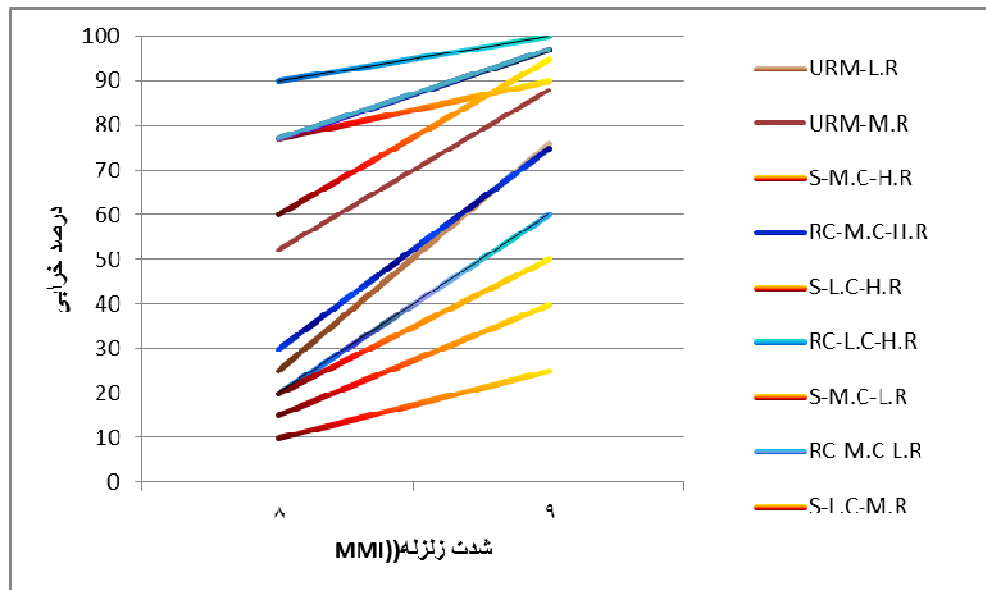


شکل ۱. نمودار روش شناسی بیان و حل مساله

۳-۱- محاسبه تاخیر ناشی از انسداد معابر

یکی از عوامل مهم در عدم دسترسی به معابر و تاخیر در عملیات امداد و نجات، ریزش ساختمان مجاور راهها و پرتاب مصالح به عرض راه می باشد که موجب کاهش ظرفیت راه شده و با توجه به عرض باقیمانده راه، تاخیر در عملکرد حمل و نقل پس از بحران ایجاد می شود. این تاخیر در محدوده بافت مرکزی شهر تهران که منطقه مورد مطالعه است، به دلیل وجود بافت فرسوده و وجود ساختمان های فراوان با نرخ خرابی زیاد و همچنین معابر با عرض کم بسیار محتمل است. چه بسا در بخش هایی از شبکه معابر مورد نظر به دلیل از دست رفتن بخش قابل توجه معابر، امداد رسانی امکان پذیر نبوده و استفاده از این معابر غیر ممکن باشد. مدلسازی میزان تاخیر براساس داده های سازه ای و شهرسازی از مراجع ذیربط و روش پیمایشی برای کنترل ارتفاع سازه های بلند در جوار معابر صورت پذیرفت. در این راستا پارامترهای دخیل که منجر به انسداد معابر پس از وقوع یک زلزله احتمالی می گردد از نتایج محققان مرتبط استخراج گردید. سپس با استفاده از تکنیک های مدلسازی بر پایه GIS، هریک از داده ها و پارامترها طبقه بندی و ارزش گذاری گردید و نتیجه نهایی در سه رده مشخص گردید که به ترتیب مبین احتمال کمترین میزان مسدودی تا بیشترین میزان

مسدودی می باشد. سپس با استفاده از امکانات ایجاد محدودیت در تحلیل شبکه نرم افزاری ArcGIS10.2 سه رده محدودیت شامل محدودیت نقطه ای، محدودیت خطی و محدودیت سطحی که در هریک قابلیت اعمال تغییر درجه هزینه (برحسب زمان تاخیر) وجود دارد، اعمال گردید. با توجه به نتایج تحقیقات مختلف در خصوص مسدودی معابر ناشی از آوار ساختمانی پس از زلزله، مهمترین پارامترها عبارت است از شدت زلزله، عرض معبر، ارتفاع ساختمان در جوار معبر، میزان آسیب پذیری ساختمان و ابنیه در جوار معبر و همچنین آسیب پذیری پل ها ی واقع در معابر است. میزان آسیب پذیری ساختمان بر اساس نرخ خرابی ساختمان که آخرین یافته از انتخاب مدل مناسب برای شهر تهران است، استفاده گردید است [پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی، ۱۳۸۹] و براساس آیین نامه های معتبر نظیر Hazus^۴. و مطالعات جایکا ژاپن و پژوهشگاه بین المللی مهندسی زلزله، منحنی مناسب نرخ خرابی برای گونه های مختلف ساختمانی و شدت زلزله که در پهنه زلزله سناریوی گسل ری بر حسب مرکالی اصلاح شده (-8.3=MMI^۵ 9.14) تقریباً به صورت خطی است، مطابق نمودار ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. توابع آسیب پذیری انواع ساختمانهای مسکونی بر حسب شدت زلزله و نسبت خرابی

پس از انجام تحلیل داده بر اساس رابطه (۴) که جنبه نوع آوری مقاله است، میزان شدت انسداد معابر در سه رده با برهم نهی لایه های مختلف اطلاعات هر یک از پارامترها بدست آمده است

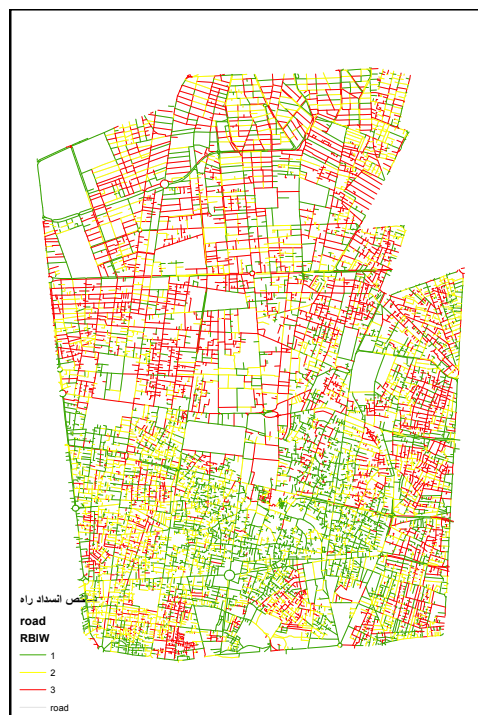
$$BI = \frac{H}{W} \cdot X \cdot DI \quad (۴)$$

در این رابطه H ، ارتفاع ساختمان جوار معبر، W عرض معبر و DI نسبت خرابی ساختمان (مطابق شکل ۲) بوده که خود تابعی از شدت زلزله، ارتفاع ساختمان و کیفیت ساختمان و نوع مصالح سازه می باشد. پس از تعیین سطح مختلف انسداد معابر، اختصاص نوع محدودیت (نقطه‌ای^۶، خطی^۷، سطحی^۸) می باشد. به منظور تعیین حساسیت نوع محدودیت و شدت آن بر عملکرد دسترسی سطوح مختلف انسداد معابر بر اساس شکل ۳ ارائه شده است. برای محدودیتهای با طول کم، محدودیت نقطه ای و برای معبری که دارای تراکم بالایی از محدودیت نقطه‌ای باشد محدودیت خطی اعمال شد و

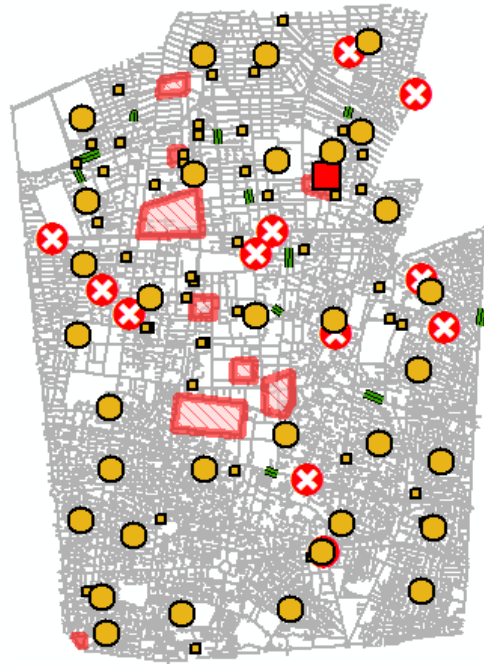
برای تراکم بالایی از محدودیت خطی در شبکه معابر، محدودیت سطحی (پلی‌گون) اعمال گردید.

۳-۲- محدوده مطالعه

محدوده طرح ترافیک شهر تهران واقع در مرکز تهران، بخش های زیادی از منطقه ۱۲ و ۱۱ و همچنین قسمتی از نواحی جنوبی مناطق ۶ و ۷ شهر را در بر می گیرد. این محدوده با وسعت ۳۱۷۴ هکتار به علت واقع شدن در مرکز تجاری شهر جهت کنترل دسترسی و تنظیم جریان تردد با محدودیت هایی برای خودرو های عمومی در بازه زمانی ۶:۳۰ الی ۱۷ در ایام غیر تعطیل، مواجه است. نتایج شاخص ترافیکی در ساعت اوج صبح در مناطق ۷، ۶، ۱۱، ۱۲، که بخش های محدوده طرح ترافیک را تشکیل می دهند، در جدول ۲ نشان داده شده است. این شاخص ها بر اساس میانگین وزنی (سطح هر منطقه واقع در محدوده) برای محدوده طرح ترافیک برآورد شده است.



شکل ۳. وضعیت انسداد معابر در سه سطح



شکل ۴. اعمال انواع موانع نقطه ای، خطی و پلی گون جهت شبیه سازی انسداد معابر

جدول ۲. شاخصهای ترافیکی همسنگ سواری محدوده طرح ترافیک و مناطق همجوار در ساعت اوج صبح (مطالعات جامع حمل و نقل تهران، ۱۳۹۳)

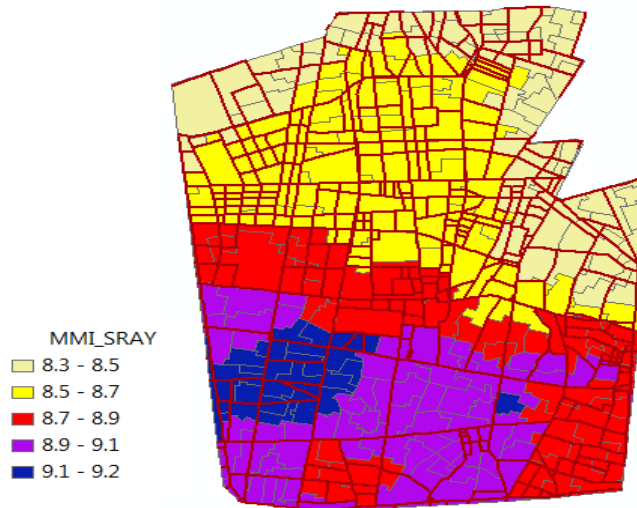
محدوده	متوسط کیلومتر بر ساعت	سرعت درصد	تاخیر کل	درصد کند و درصد بیش از ظرفیت معبر	بحرانی
منطقه ۶	۱۵	۶۹/۳		۲۲/۶	۵۲/۶
منطقه ۷	۱۷	۶۵/۸		۲۲/۶	۵۲/۵
منطقه ۱۱	۱۳/۴	۷۰/۵		۲۴/۵	۶۰/۰
منطقه ۱۲	۱۱	۷۳/۶		۲۶/۷	۶۳/۵
محدوده	۱۴/۱	۶۹/۸		۲۴/۱	۵۷/۱
شهر تهران	۲۵/۸	۵۲/۸		۱۲/۴	۳۲/۲

در شرایط بحران مثل زلزله در شهر تهران، این نابسامانی می تواند به مراتب شدیدتر باشد. در محدوده مورد مطالعه گونه های ساختمانی متنوعی شامل ساختمان بنایی، بتنی مسلح و فلزی با سه سطح کیفیت مناسب، متوسط و ضعیف و سه سطح ارتفاع کوتاه، متوسط و بلند وجود دارد. هریک از این بناها بر اساس شدت زلزله دارای منحنی خرابی متفاوتی

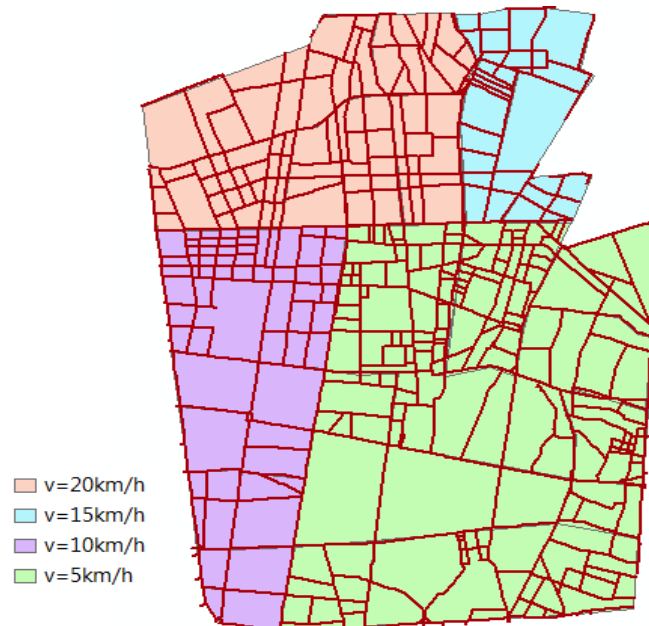
نتایج نشان می دهد، بر اساس شاخص متوسط سرعت، این مقدار در محدوده طرح ترافیک نصف متوسط شهر تهران بوده و معابر این محدوده بیش از دو برابر متوسط شهر تهران در حالت عادی بالغ بر ظرفیت عمل می نمایند. ملاحظه می گردد که مقایسه هر یک از شاخص ها در محدوده مورد نظر نسبت به کل شهر تهران وضعیت نامناسبی دارد. بدیهی است

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، بر اساس شدت زلزله ۵ سطح تعریف گردیده که بر اساس مقیاس مرکالی اصلاح شده مرتب شده اند و مطابق شکل ۵ نشان داده شده است.

می‌باشد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده است. ساختمان های بتنی و فلزی با کیفیت متوسط و ارتفاع زیاد و ساختمانهای بنایی از نرخ خرابی بالاتری برخوردار هستند. پهنه بندی خطر براساس اطلاعات مکانی اثر زلزله سناریو در



شکل ۵. پهنه خطر زلزله سناریو گسل ری



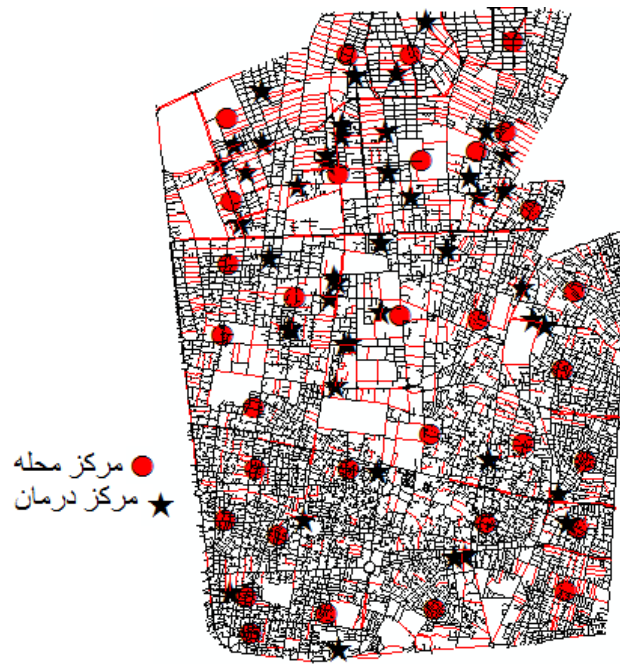
شکل ۶. پهنه سرعت تردد در معابر محدوده

میزان سرعت سفر در شرایط ساعت اوج ترافیک در مطالعات قبلی یکی از مفروضات این تحقیق بود که با توجه به نوع معبر و موقعیت آن در محدوده ۵ کیلومتر بر ساعت تا ۲۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شد. مزیت مهم آن مقایسه آسان ارزش دسترسی بین محدوده ها و عیب عمده آن هزینه یکسان (ارزش دسترسی یکسان) در سرتاسر محدوده مورد نظر است. این پهنه بندی مطابق شکل ۶ است. همانطور که پیشتر ذکر شد، محدوده مورد مطالعه به ۳۲ محله تقسیم شده است. علت بررسی محدوده در این مقیاس وحدت و یگانگی موجود و استعداد همکاری و مسئولیت در شرایط بحران پس از زلزله است. همچنین احساس تعلق اجتماعی حاکم در محله زمینه مناسب مشارکت افراد در شرایط بحران است. بنابراین با توجه به مقیاس مطالعه اندازه ناحیه مشخص گردیده و پس از ترسیم پلی گون مربوط مرکز هندسی آن مشخص گردید. مرکز محدوده به عنوان نماینده کل محدوده در نظر گرفته می شود هرچقدر ابعاد کوچکتر باشد، داده و اطلاعات مورد نیاز به دشواری تامین می گردد لیکن دقت بالاتر است. نقطه هدف دیگر با توجه به مرکز سرویس ده (پذیر) نظیر مراکز درمانی و غیره می باشد. در این راستا ۴۵ نقطه هدف انتخاب شد و میزان تخت بیمارستان به عنوان یک ظرفیت بالقوه از جذابیت نقطه هدف در نظر گرفته شد که با تقاضای بیشتری در شرایط پس از بحران زلزله برخوردار خواهد بود. در شکل ۷ موقعیت مراکز محلات به همراه مراکز درمانی نشان داده شده است. متدولوژی پیشنهادی این تحقیق رابطه ای است که مبتنی بر میزان فرصت دسترسی به مراکز درمانی در بازه های زمانی متغیر و متکی بر ظرفیت تخت بیمارستانی و میزان مجروحین

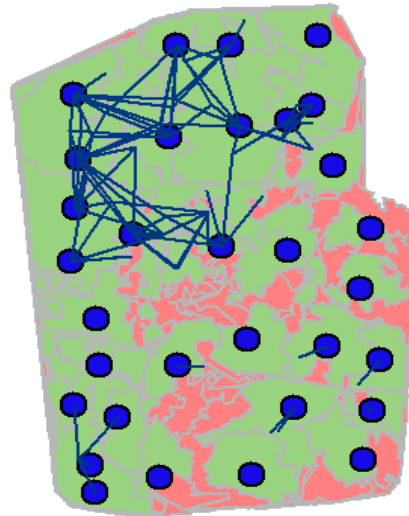
احتمالی است به نحویکه هم واحدهای فضایی برای تحلیل و هم گروه های اقتصادی- اجتماعی و تعیین مبدا و مقصد مورد نظر در نظر گرفته شده باشد. از طرفی هزینه سفر شامل زمان سفر را شامل گردد. این تابع کلی دسترسی به صورت رابطه ذیل نشان داده شده است:

$$AI_i = \frac{1}{N} \sum^k TK_k \cdot \sum CK_k \quad (5)$$

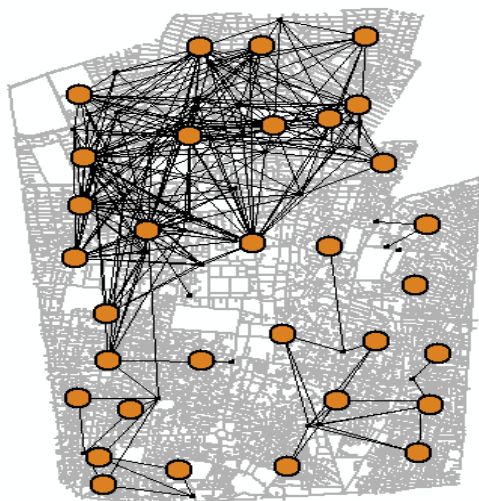
در این رابطه AI_i ، شاخص دسترسی محله i در زمان آستانه t است. همچنین CK_k ، مجموع تخت های مراکز درمانی بوده که در آستانه زمان تعریف شده قابلیت دسترسی دارند و از آن می توان به عنوان ظرفیت خدمت رسانی و جذب سفر تعبیر نمود. TK_k ، زمان سپری شدن از مرکز محله تا مرکز درمانی که کمتر از زمان آستانه است و k تعداد فرصت دسترسی هر محله برای هر رده زمانی است. لازم به یادآوری است زمان مذکور تنها زمان شروع حرکت از مرکز محله تا مرکز درمانی بوده و زمان حرکت آمبولانس یا هر وسیله نقلیه حامل مجروح را شامل شده و زمان توقف و یا سررسید وسیله به محل حادثه (مرکز محله) را شامل نمی شود. همچنین محدودیت انجام پذیرفته سرعت تردد در معابر مورد مطالعه، همان مقادیر سرعت سفر در ساعت اوج صبح به تفکیک مناطق می باشد که در شکل ۶ بدان اشاره شده است. این شاخص سنجش وضعیت دسترسی را بین محلات در بازه زمانی مختلف شامل ۱۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه میسر می سازد. این نتایج در دو فرآیند بدون مانع و با مانع در مسیر تحلیل گردید و نتایج آن به طور مجزا در شکل های ۸ الی ۱۶ نشان داده شده است.



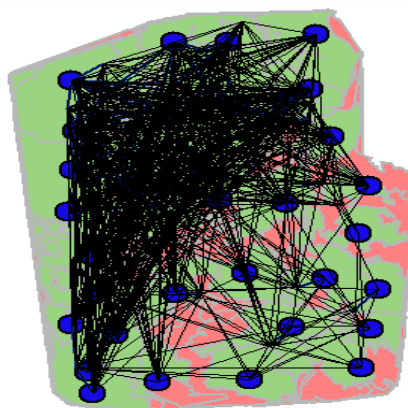
شکل ۷. محدوده مورد مطالعه و تقسیم بندی محلات و موقعیت مراکز محله و تاسیسات زیربنایی



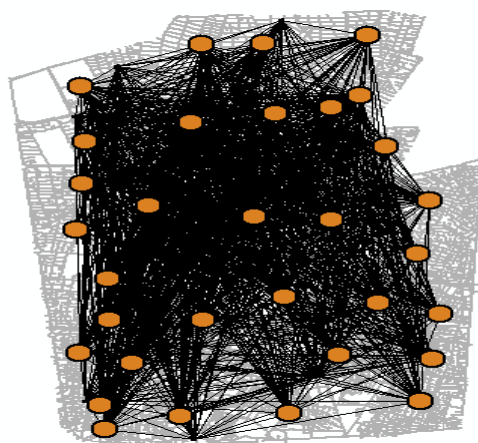
شکل ۸. تحلیل وضعیت فرصت دسترسی مراکز محله به مراکز درمانی در زمان آستانه ۱۰ دقیقه به همراه



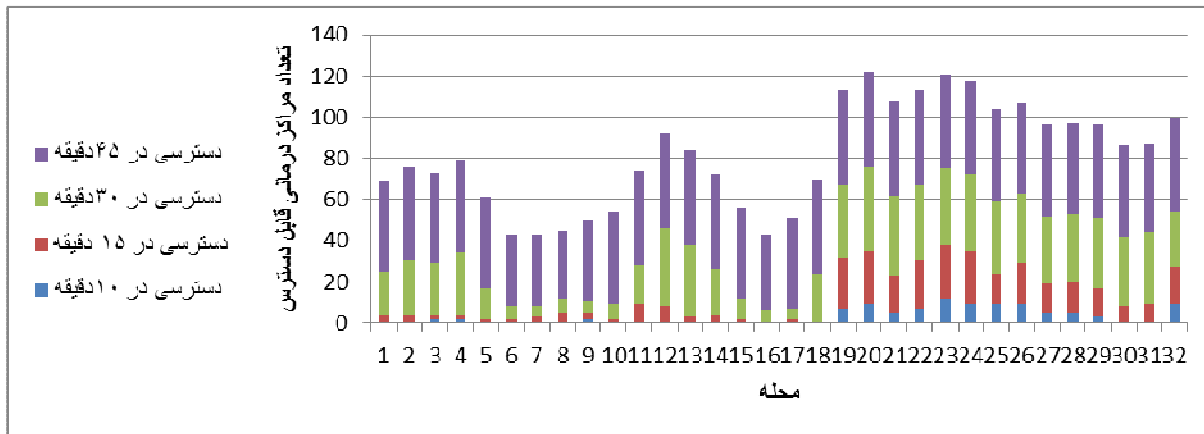
شکل ۹. تحلیل وضعیت فرصت دسترسی مراکز محله به مراکز درمانی در زمان آستانه ۱۵ دقیقه به همراه



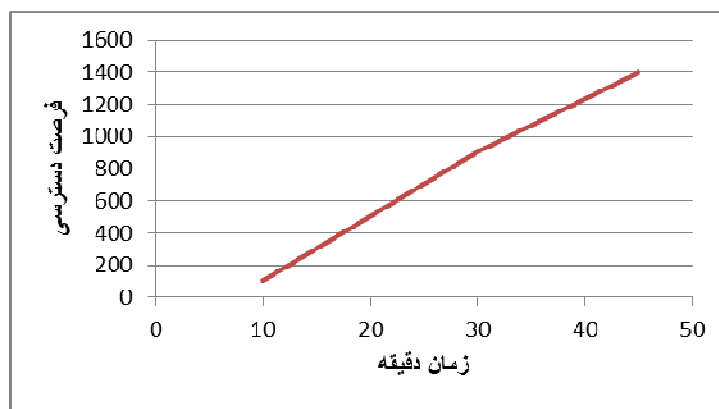
شکل ۱۰. تحلیل فرصت دسترسی مراکز محله به مراکز درمانی در زمان آستانه ۳۰ دقیقه به همراه



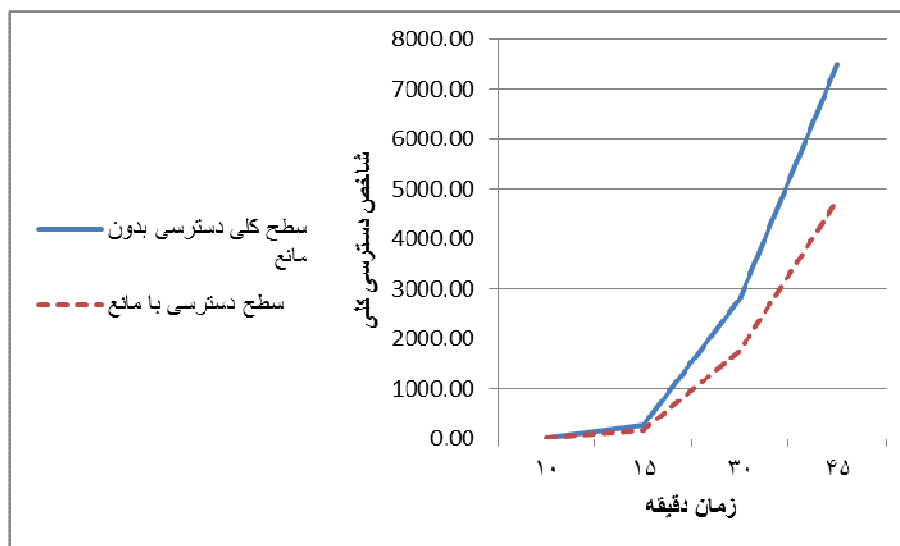
شکل ۱۱. تحلیل فرصت دسترسی مراکز محله به مراکز درمانی در زمان آستانه ۴۵ دقیقه به همراه



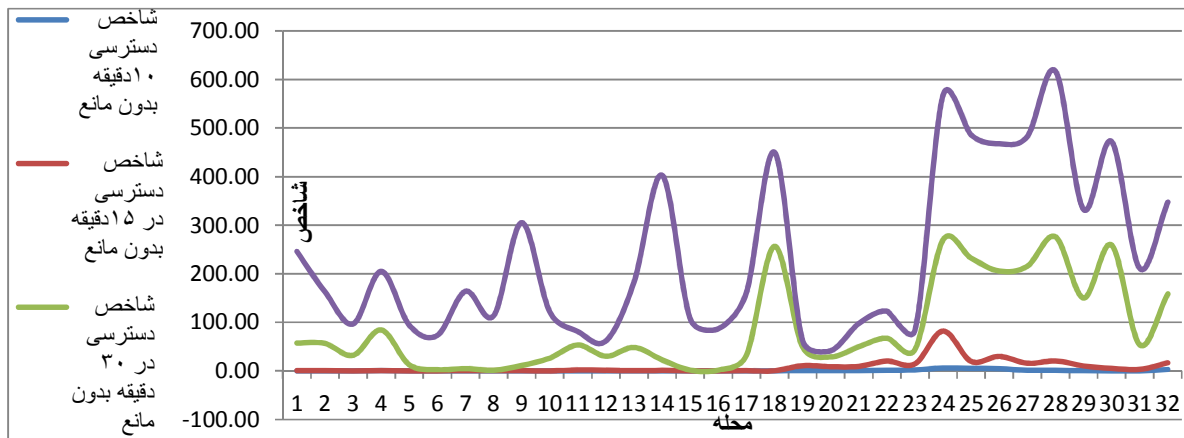
شکل ۱۲. میزان تجمعی دسترسی هر محلّه به مرکز درمانی در بازه های زمانی ۱۰، ۱۵ و ۳۰ و ۴۵ دقیقه



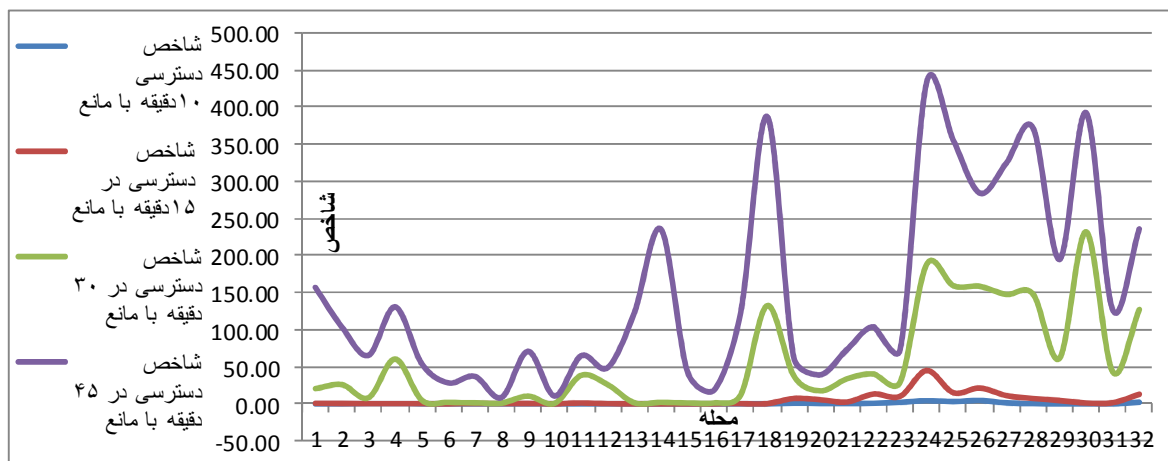
شکل ۱۳. تعداد فرصت دسترسی به مراکز درمانی با گذر زمان برای تمام محلات واقع در محدوده



شکل ۱۴. شاخص کلی دسترسی به مراکز درمانی با گذر زمان برای تمام محلات واقع در محدوده



شکل ۱۵. شاخص دسترسی بدون مانع هر محله به مراکز درمانی با گذر زمان برای تمام محلات واقع در محدوده



شکل ۱۶. شاخص دسترسی با مانع هر محله به مراکز درمانی با گذر زمان برای تمام محلات واقع در محدوده

۴- نتیجه تحقیق

با توجه به نتایج مشخص است، محلات شماره ۲۴، ۲۵ و ۲۸ از وضعیت مناسب برخوردار بوده و محل ۲، ۱۱ و ۲۹ علی رغم برخورداری از شاخص کمتر از رشد مناسب سطح دسترسی نسبت به بازه زمان ۱۰ دقیقه برخوردار بودند. همچنین تعداد امحله به هیچ مرکز درمانی راه پیدا نکرده و تعداد ۳ محله فقط به یک مرکز درمانی دسترسی دارند. با وسعت زمان آستانه به ۳۰ دقیقه، تعداد ۹۰۶ فرصت دسترسی (افزایش حدود ۳ برابر نسبت به زمان ۱۵ دقیقه) فراهم می گردد. محلات ۱۸، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲ از بهترین وضعیت دسترسی و محلات ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۵، ۱۶ از بدترین وضعیت دسترسی برخوردارند. رشد وضعیت دسترسی مربوط به محلات ۱۰ و ۱۸ بیش از بقیه است. در مجموع به طور میانگین ۱۹ دقیقه زمان می برد تا از مرکز محله در شرایط ساعت اوج به مراکز

با توجه به نتایج مشخص است، محلات شماره ۲۴، ۲۵ و ۲۸ شامل جمالزاده، دانشگاه تهران، کشاورز و بهجت آباد واقع در منطقه ۶ شهر تهران و محله شماره ۳۲ (امجدیه) واقع در منطقه ۷ تهران وضعیت مناسبی دارند. در این بازه تعداد ۱۰۰ فرصت دسترسی به مرکز درمانی مهیا بوده و ۲۲ محله به حداقل یک مرکز تا حداکثر ۹ مرکز دسترسی دارند و حدود ۱۰ محله به هیچ مرکز درمانی دسترسی نداشته و به طور کلی با در نظر گرفتن سهم مجروحین در بازه زمانی با آستانه ۱۰ دقیقه، غالب محلات قادر به انتقال مجروحین به مراکز درمانی نیستند. با افزایش زمان آستانه سفر تا ۱۵ دقیقه از مجموع ۳۰۹ فرصت فراهم شده، به جز محله ۱۶ (امام زاده یحیی) در منطقه ۱۲ بقیه از حداقل یک مرکز درمانی تا حداکثر ۲۶ مرکز درمانی دسترسی دارند. در این بازه محلات

درمانی قابل دسترس در این بازه، مجروح حمل گردد. با افزایش زمان آستانه به ۴۵ دقیقه حدود ۱۳۹۶ فرصت دسترسی ایجاد می‌گردد (افزایش بیش از ۵۰ درصدی نسبت به زمان ۳۰ دقیقه) محلات شماره ۱،۹،۱۴،۱۸،۲۴،۲۵،۲۶،۲۷،۲۸،۲۹،۳۰،۳۲ بهتر و محلات ۳،۵،۶،۱۱،۱۲،۱۹،۲۰،۲۱،۲۳ از وضعیت دسترسی نابسامان تری برخوردارند. با تحلیل شبکه مذکور با در نظر گرفتن امکان انسداد معابر، در همان بازه‌های زمانی افت سطح دسترسی محسوس بوده است. در خصوص فرصت دسترسی در زمان ۱۰ دقیقه ۲۱ درصد کاهش، در ۱۵

۵- نتیجه گیری

به دلیل عینیت و حضور مردم در محلات و تعلق بدان، کارکرد مدیریت بحران در این جوامع از زیست مردم اهمیت زیادی دارد. بر همین مبنا بر اساس تفکیک محدوده طرح ترافیک شهر تهران به عنوان محدوده مورد مطالعه، مرز محلات واقع در آن مشخص گردید و لایه اطلاعات مختلف جمعیتی، ساختمانی و ترافیکی و لرزه‌ای در بستر نرم افزار GIS فراهم گردید. با استفاده از قابلیت‌های موجود در تحلیل شبکه حمل و نقل در این محیط نرم افزار، با تعریف یک متدولوژی مشخص، امکان سنجش فرصت‌های دسترسی برای مجروحین هر محله که در اثر وقوع یک زلزله شدید (فعال) شدن گسل ری با شدت لرزه‌ای با مقیاس بزرگای گشتاوری (۶.۷) به مرکز درمانی واقع در این محدوده از شهر تهران، در بازه های زمانی متفاوت امکان مقایسه نسبی سطح دسترسی حمل و نقل هر یک فراهم گردید. اکثر محلات واقع در نیمه شمالی محدوده مربوط به منطقه ۶ شهرداری تهران از وضعیت مناسب و محلات واقع در نیمه جنوب غرب منطقه در منطقه ۱۱ و نیمه شرقی محدوده واقع در منطقه ۱۲ شهرداری از وضعیت نامناسب دسترسی برخوردار است. از طرفی محدوده مرکز منطقه مورد مطالعه به دلیل همجواری سازه های آسیب پذیر در کنار معابر باریک و امکان انسداد معابر افت دسترسی محسوس بوده به نحوی که محلات ۷۸،۹،۱۵ و ۱۶ از این حیث دارای کاهش محسوس دسترسی بودند.

دقیقه ۲۵ درصد کاهش و در ۳۰ و ۴۵ دقیقه حدود ۲۸ درصد درصد کاهش را شاهد بوده‌ایم. همانطور که در شکل پیداست، الگوی فراز و فرود شاخص دسترسی تا حد زیادی از وضعیت بدون مانع پیروی می‌کند. همچنین نتایج بررسی شاخص در کل محدوده که از جمع این شاخص برای ۳۲ محله بدست آمده نشان داد با گذشت زمان مقدار شاخص با شدت بیشتری افزایش یافته لیکن این شدت در شرایط بدون مانع نسبت به شرایط با مانع از رشد بیشتری برخوردار است.

۶- پی نوشت‌ها

- 1-Japan international Cooperation Agency (JICA)
- 2-Floating Catchment Area
- 3-geographic Information System (GIS)
- 4-Earthquake Loss Estimation Methodology (HAZUS)
- 5-Modified Mercalli Intensity (MMI)
- 6-Point Barrier
- 7-Line Barrier
- 8-Polygon Barrier

۷- مراجع

- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، (۱۳۸۹)، "تعیین ضرائب بزرگنمایی ساختگاه و استخراج توابع شکنندگی و روابط برآورد تلفات انسانی در اثر زلزله برای ساختمانهای شهر تهران"، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، تهران، ایران.
- شهرداری تهران، (۱۳۹۰)، "شرکت مطالعات جامع حمل و نقل تهران"، گزیده آمار و اطلاعات حمل و نقل شهری تهران، ۱۳۹۳.
- مرکز آمار ایران، سالنامه آماری شهر تهران ۱۳۷۵ - ۱۳۹۰.

- Liu.s, Zhu.x, An Integrated GIS Approach to Accessibility Analysis, *Transaction in GIS*, 2004, 8(1), pp.45-62.
- Masoodi.M, Rahimzadeh.M, (2015), "Measuring access to urban health services using Geographical Information System(GIS): a case study of health service management in Bandar Abbas,Iran,*International Journal of Health Policy and Management*, 4(7), pp.439-445.
- Pinto.p,Franchin.P,Cavaliere.F,Lupoi.A,et al, (2012), "Methodology for systemic seismic vulnerability assessment of buildings",
- Infrastructures, networks and socio-economical impacts, SYNER-G project, pp.165.
- Abounacer R., (2014), "Monia Rekik, Jacques Renaud, An exact solution approach for multi-objective location-transportation problem for disaster response",*Computers & Operations Research*, 41, pp.83-93.
- Teodora Estera Ursulica, (2016), "the relationship between health care needs and accessibility to health care services in Botosani county –Romania, *procedia Environmental Sciences* 32, pp.300-310
- EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster.
- Database.(2016).URL.<http://www.emdat.net>.
- Gang Cheng ,Xiankai Zeng, Lian Duan, Xiaoping Lu, Huichao Sun,Tao Jiang Yuli Li, (2016), "spatial difference analysis for accessibility to high level hospitals based on travel time in schenzhen, china,*Habitat International* 53, pp.485-494.
- Geurs.K.T, Van Wee.B, Accessibilty (2004), "Evaluation of Land-Use and Transport Strategies: Review and Research Directions". *Journal of Transport Geography*, 12, pp.127-140.
- Japan international cooperation agency (JICA). (2000), "The study on seismic microzoning of the greater Tehran area, Center for earthquake and environmental studies of Tehran (Cest), Tehran Municipality.
- Litman. T, (2008), "Evaluating Accessibility for Transportation Planning.Victoria Transport PolicyInstitue.<http://www.vtpi.org>. A short version of this paper was presented at the 87Th Transportation Research Board Annual Meeting on January.